

## Fuel injector

**Patent number:** EP1378657  
**Publication date:** 2004-01-07  
**Inventor:** HUEBEL MICHAEL (DE); DEPONTE RENE (DE)  
**Applicant:** BOSCH GMBH ROBERT (DE)  
**Classification:**  
- international: **F02M51/06; F02M61/16; F02M51/06; F02M61/00;**  
(IPC1-7): F02M51/06; F02M61/08; F02M61/16  
- european: F02M51/06A; F02M61/16G  
**Application number:** EP20030012487 20030602  
**Priority number(s):** DE20021030089 20020704

**Also published as:**

 DE10230089 (A1)

[Report a data error here](#)

### Abstract of EP1378657

There is a hydraulic coupling device (10) between the rod moved by the actuator and the spring-loaded valve rod, with upper (11) and lower (12) pistons. There is a fluid-filled gap (34) between the pistons. There is a sealed annular membrane (35) of C-shaped cross-section between a flange (32) and the narrow top portion of the upper piston. There is a sealing sleeve (36) surrounding the lower piston and connected to a bearing sleeve (37).

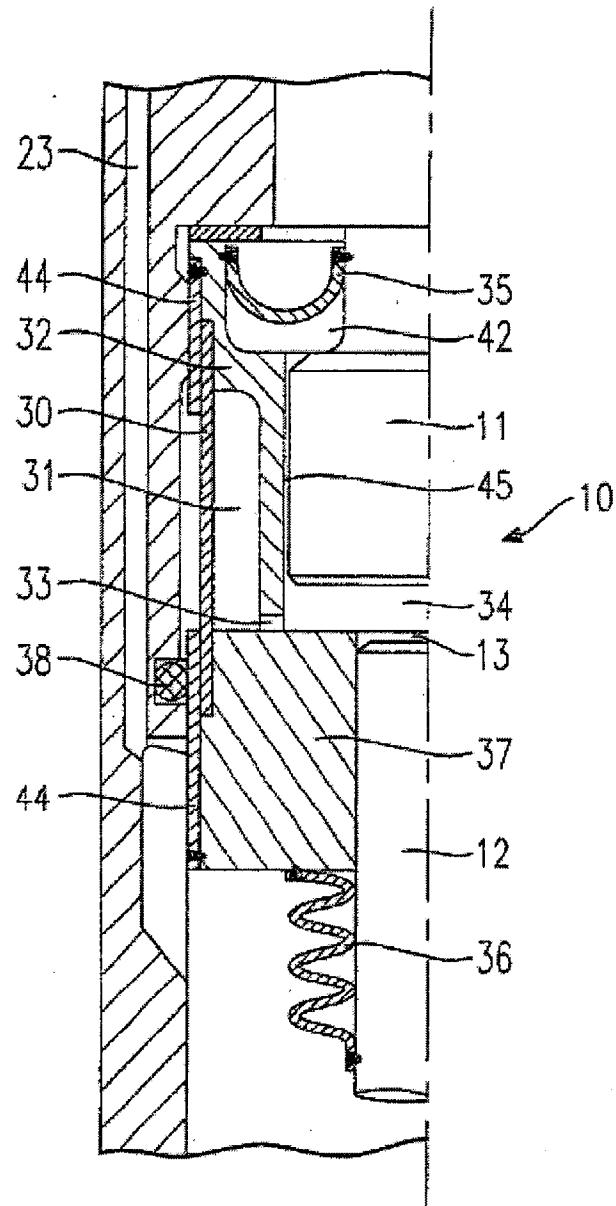


Fig. 2A

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



(19)

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 378 657 A2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
07.01.2004 Patentblatt 2004/02(51) Int Cl.7: F02M 51/06, F02M 61/16,  
F02M 61/08

(21) Anmeldenummer: 03012487.9

(22) Anmeldetag: 02.06.2003

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK

(30) Priorität: 04.07.2002 DE 10230089

(71) Anmelder: ROBERT BOSCH GMBH  
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:

• Huebel, Michael  
70839 Gerlingen (DE)• Deponte, Rene  
71093 Weil Im Schoenbuch (DE)

## (54) Brennstoffeinspritzventil

(57) Ein Brennstoffeinspritzventil (1), insbesondere ein Brennstoffeinspritzventil (1) für Brennstoffeinspritzanlagen von Brennkraftmaschinen, umfaßt einen piezoelektrischen oder magnetostruktiven Aktor (2), der über einen hydraulischen Koppler (10) einen Ventilschließkörper (17) betätigt, der mit einer Ventilsitzfläche (18) zu einem Dichtsitz zusammenwirkt. Der hydraulische Koppler (10) weist einen Geberkolben (11) und einen Nehmerkolben (12) auf, die durch einen Kopplerspalt (13) voneinander beabstandet sind. Der hydraulische Koppler (10) definiert mit einer Membran (35), welche mit dem Geberkolben (11) verbunden ist, und einer Dichtung (36), die mit dem Nehmerkolben (12) verbunden ist, ein Kopplervolumen (34) und ein Ausgleichsvolumen (31), welche mit einem Kopplermedium gefüllt sind.

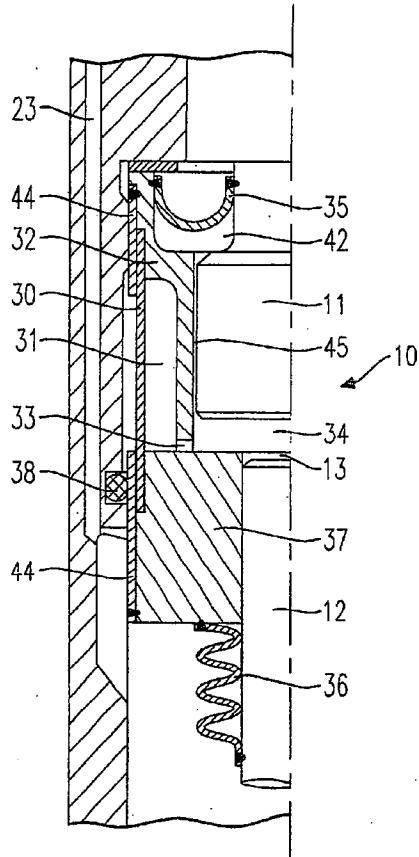


Fig. 2A

**Beschreibung****Stand der Technik**

[0001] Die Erfindung geht aus von einem Brennstoffeinspritzventil nach der Gattung des Hauptanspruchs.

[0002] Aus der EP 0 477 400 A1 ist eine Anordnung für einen in Hubrichtung wirkenden, adaptiven mechanischen Toleranzausgleich für einen Wegtransformator eines piezoelektrischen Aktors für ein Brennstoffeinspritzventil bekannt. Dabei wirkt der Aktor auf einen Geberkolben, der mit einer Hydraulikkammer verbunden ist. Über die Druckerhöhung in der Hydraulikkammer wird ein Nehmerkolben bewegt, der eine anzutreibende, zu positionierende Masse bewegt. Diese anzutreibende Masse ist beispielsweise eine Ventilnadel eines Brennstoffeinspritzventils. Die Hydraulikkammer ist dabei mit einem Hydraulikfluid gefüllt. Bei einer Ausdehnung des Aktors und Kompression des Hydraulikfluids in der Hydraulikkammer fließt ein kleiner Teil des Hydraulikfluids mit einer definierten Leckrate ab. In der Ruhephase des Aktors wird dieses Hydraulikfluid ergänzt.

[0003] Aus der DE 195 00 706 A1 ist ein hydraulischer Wegtransformator für einen piezoelektrischen Aktor bekannt, bei dem ein Geberkolben und ein Nehmerkolben in einer gemeinsamen Symmetrieachse angeordnet sind und die Hydraulikkammer zwischen den beiden Kolben angeordnet ist. In der Hydraulikkammer ist eine Feder angeordnet, die den Geberzylinder und den Nehmerkolben auseinander drückt, wobei der Geberkolben in Richtung des Aktors und der Nehmerkolben in einer Arbeitsrichtung zu einer Ventilnadel hin vorgespannt werden. Wenn der Aktor auf den Geberzylinder eine Hubbewegung überträgt, wird diese Hubbewegung durch den Druck eines Hydraulikfluids in der Hydraulikkammer auf den Nehmerkolben übertragen, da das Hydraulikfluid in der Hydraulikkammer sich nicht zusammenpressen lässt und nur ein geringer Anteil des Hydraulikfluids durch Ringspalte zwischen Geberkolben und einer Führungsbohrung und Nehmerkolben und einer Führungsbohrung während des kurzen Zeitraumes eines Hubes entweichen kann.

[0004] In der Ruhephase, wenn der Aktor keine Druckkraft auf den Geberzylinder ausübt, werden durch die Feder der Geberkolben und der Nehmerkolben auseinander gedrückt. Durch den entstehenden Unterdruck dringt über die Ringspalte das Hydraulikfluid in die Hydraulikkammer ein und füllt diese wieder auf. Dadurch stellt der Wegtransformator sich automatisch auf Längenausdehnungen und druckbedingte Dehnungen eines Brennstoffeinspritzventils ein.

[0005] Nachteilig an diesem bekannten Stand der Technik ist, daß während eines Entlastungszeitraumes, in dem in der Hydraulikkammer kein hoher Druck herrscht, das Hydraulikfluid verdampfen kann. Ein Gas ist jedoch kompressibel und baut erst bei einer starken Volumenverringerung einen entsprechend hohen Druck auf. Der Geberzylinder kann nun in seine Führungsbohrung

gedrückt werden, ohne daß es zu einer Kraftübertragung auf den Geberkolben kommt.

[0006] Diese Gefahr besteht insbesondere bei einem Brennstoffeinspritzventil, das zur Einspritzung von Benzin als Brennstoff dient, wenn das Benzin zugleich als Hydraulikfluid dient. Nochmals erhöht wird diese Gefahr bei einem direkt einspritzenden Brennstoffeinspritzventil für Benzin nach dem Abstellen einer heißen Brennkraftmaschine. Das Brennstoffeinspritzsystem verliert nun seinen Druck. Es kommt besonders leicht zum Verdampfen des Benzins. Bei einem erneuten Startversuch der Brennkraftmaschine kann dies dazu führen, daß die Hubbewegung des Aktors nicht mehr auf eine Ventilnadel übertragen wird und das Brennstoffeinspritzventil nicht funktioniert.

[0007] Weiterhin ist nachteilig, daß es zu einer Kavitation des Brennstoffs kommen kann, wenn die Feder eine hohe Spannkraft auf den Geberzylinder und den Nehmerzylinder ausübt und die Bewegung des Aktors in seine Ausgangslage sehr rasch erfolgt. Der sich in der Hydraulikkammer bildende Unterdruck kann dann zur Kavitation und den hieraus folgenden Schäden an Bauteilen führen.

**25 Vorteile der Erfindung**

[0008] Das erfundungsgemäße Brennstoffeinspritzventil mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, daß der hydraulische Koppler über eine Membran und eine Wellrohrdichtung so abgedichtet ist, daß ein Kopplervolumen und ein Ausgleichsvolumen gebildet werden, welche mit einem hochviskosen Hydraulikmedium gefüllt sind. Dadurch wird einerseits die Kavitationsneigung durch das Hydraulikmedium verringert. Andererseits führt die das Aktorgehäuse dichtende Membran dazu, daß das Aktorgehäuse nicht mit hohen Brennstoffdrücken beaufschlagt wird und somit kräftefrei bleibt.

[0009] Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Hauptanspruch angegebenen Brennstoffeinspritzventils möglich.

[0010] Vorteilhafterweise ist die Membran U-förmig ausgebildet und steht mit einem Flansch sowie dem Geberkolben in Verbindung.

[0011] Weiterhin ist von Vorteil, daß ein Membranraum abströmseitig der Membran zur weiteren Aufnahme von Kopplermedium zur Verfügung steht.

[0012] In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel kann das Ausgleichsvolumen zwei getrennte Bereiche aufweisen, die durch eine weitere Membran voneinander getrennt sind.

[0013] Von Vorteil sind dabei verschiedene Möglichkeiten zur Anbringung einer Ausgleichsbohrung zur Aufnahme von Kopplermedium, beispielsweise zwischen dem Membranraum und dem mit Hydraulikmedium gefüllten Bereich des Ausgleichsvolumens oder zwischen dem mit Brennstoff gefüllten Bereich des Ausgleichsvo-

lumens und dem Brennstoffkanal.

#### Zeichnung

[0014] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung vereinfacht dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Gesamtdarstellung eines Brennstoffeinspritzventils gemäß dem Stand der Technik,

Fig. 2A eine ausschnittsweise schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Brennstoffeinspritzventils im Bereich II in Fig. 1, und

Fig. 2B eine ausschnittsweise schematische Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Brennstoffeinspritzventils im Bereich II in Fig. 1.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0015] Bevor anhand der Fig. 2A und 2B bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert werden, wird anhand von Fig. 1 ein Brennstoffeinspritzventil 1 gemäß dem Stand der Technik in seinen wesentlichen Bauteilen zum besseren Verständnis der Erfindung kurz erläutert.

[0016] Das Brennstoffeinspritzventil 1 ist dabei als Brennstoffeinspritzventil 1 für Brennstoffeinspritzanlagen für gemischverdichtende, fremdgezündete Brennkraftmaschinen zum direkten Einspritzen von Brennstoff in den Brennraum der Brennkraftmaschine geeignet. Das Brennstoffeinspritzventil 1 umfaßt dabei einen insbesondere piezoelektrischen oder magnetostruktiven Aktor 2, welcher in einem Aktorgehäuse 3 gekapselt ist. Der Aktor 2 wird über einen elektrischen Anschluß 4, welcher durch eine elektrische Leitung 5 kontaktiert wird, angeregt. Der Aktor 2 stützt sich abströmseitig an einem Betätigungsselement 6 ab, welches mittels einer Feder 7, welche sich an einer Gehäuseschulter 8 abstützt, gegen den Aktor 2 vorgespannt wird. Das Aktorgehäuse 3 ist mit einer geeigneten, in Fig. 1 nicht weiter dargestellten Dichtung gegen den das Brennstoffeinspritzventil 1 durchströmenden Brennstoff abgedichtet. Durch die Abdichtung des Aktorgehäuses 3 ist der Aktor 2 sowohl gegen mechanische wie auch chemische Einflüsse geschützt.

[0017] Abströmseitig des Betätigungselements 6 ist ein hydraulischer Koppler 10 angeordnet. Der hydraulische Koppler 10 umfaßt einen Geberkolben 11 und einen Nehmerkolben 12, welche durch einen Kopplerspalt 13 voneinander beabstandet sind. Der Geberkolben 11 und der Nehmerkolben 12 sind in einer Führungshülse 14 angeordnet. Der Geberkolben 11 und der Nehmerkolben 12 können dabei gleiche oder unter-

schiedliche Querschnittsflächen aufweisen, um den Hub des Aktors 2 umzusetzen oder in einem Verhältnis von bis zu 1:3 zu übersetzen.

[0018] Abströmseitig des hydraulischen Koplplers 10 ist ein weiterer Betätigungskörper 15 angeordnet, welcher mit einer Ventilnadel 16 zusammenwirkt. Das Brennstoffeinspritzventil 1 ist im vorliegenden Fall als nach außen öffnendes Brennstoffeinspritzventil 1 ausgebildet, wobei ein Ventilschließkörper 17 mit einer Ventilsitzfläche 18, welche an einem Düsenkörper 19 ausgebildet ist, zu einem Dichtsitz zusammenwirkt. Der Ventilschließkörper 17 ist dabei am abströmseitigen Ende der Ventilnadel 16 ausgebildet. Eine Rückstellfeder 20, welche in dem Düsenkörper 19 angeordnet ist, sorgt bei nicht angesteuertem Aktor 2 dafür, daß das Brennstoffeinspritzventil 1 geschlossen gehalten wird. Nach der Ansteuerungsphase des Aktors 2 sorgt die Rückstellfeder 20 weiterhin dafür, daß der Ventilschließkörper 17 wieder an die Ventilsitzfläche 18 herangezogen und das Brennstoffeinspritzventil 1 dadurch geschlossen wird.

[0019] Der Brennstoff wird über eine zentrale Brennstoffzufuhr 21 an einem zulaufseitigen Ende 22 des Brennstoffeinspritzventils 1 zugeführt und über Brennstoffkanäle 23 zum hydraulischen Koppler 10 und zum Dichtsitz geführt. Im beschriebenen Brennstoffeinspritzventil 1 dient der Brennstoff auch als Kopplermittel.

[0020] Nachfolgend werden anhand der Fig. 2A und 2B bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt und im Folgenden näher erläutert. Gleiche Bauteile sind dabei in allen Figuren mit übereinstimmenden Bezugssymbolen versehen. In den Fig. 2A und 2B ist jeweils der in Fig. 1 mit II bezeichnete Ausschnitt dargestellt.

[0021] Wie bereits weiter oben erwähnt, ist die Verwendung von Brennstoff als Kopplermittel mit einer erhöhten Kavitationsgefahr durch die Druckabsenkung im Kopplerraum während der Wiederbefüllungsphase verbunden. Dies ist insbesondere bei höheren Betriebstemperaturen kritisch, weil Funktionsstörungen bei der Hubübertragung auftreten können. Weiterhin sind zur Begrenzung der Leckageströme bei Verwendung von Brennstoff als Kopplermittel sehr enge Spaltmaße erforderlich. Die dadurch geforderten geringen Fertigungstoleranzen führen zu hohen Herstellungskosten.

[0022] Im Gegensatz dazu ist bei den im Folgenden beschriebenen erfindungsgemäßen Brennstoffeinspritzventilen 1 ein höher viskoseres Fremdmedium als hydraulisches Kopplermittel vorgesehen. Dies führt zu geringeren Toleranzanforderungen für die Führungen des Geberkolbens 11 und des Nehmerkolbens 12. Weiterhin ist die Kavitationsgefahr bei einem höher viskosen Hydraulikmedium mit niedrigem Dampfdruck geringer. Bereits bekannte Maßnahmen wie Hubübersetzung zur Verwendung eines kurzen, kostengünstigeren piezoelektrischen Aktors 2 sowie die konstruktive Ausführung als Gesamtbauteil und die infolgedessen einfache Vormontage sind in einfacher Weise umsetzbar.

[0023] Weiterhin ist konstruktionsbedingt der Aktor 2 nicht mit hohem Systemdruck beaufschlagt, wodurch die Abdichtung des Aktors 2 gegen das Kopplermedium, die Rückstellung des Geberkolbens 11 beim Schließen des Brennstoffeinspritzventils 1 sowie die Bereitstellung eines Ausgleichsvolumens für verdrängtes Kopplermedium durch ausreichende Elastizität des abdichtenden Wellrohrs 9 möglich ist.

[0024] Erfindungsgemäß ist daher vorgesehen, ein Fremdmedium als Kopplermedium einzusetzen, welches unabhängig vom Brennstoff ist. Der hydraulische Koppler 10 ist dabei als Gesamteinheit ausgebildet und durch verschiedene Abdichtungsmaßnahmen gegen den Brennstoff abgedichtet. Der hydraulische Koppler 10 ist durch eine dünnwandige Elastomer-Membran 30 angeordnet, welches ein Ausgleichsvolumen 31 zwischen der Elastomer-Membran 30 und einem Flansch 32 definiert. Das Ausgleichsvolumen 31 steht über einen Leckagespalt 33 mit einem Kopplervolumen 34 im Kopplerspalt 13 in Verbindung. Zuströmseitig wird das Kopplermedium durch eine StahlMembran 35, welche zwischen dem Geberkolben 11 und dem Flansch 32 angeordnet und mit dem jeweiligen Bauteil vorzugsweise verschweißt ist, abgedichtet. Ein Wellrohr 36 dichtet das Kopplermedium gegenüber dem Brennstoffdruck von bis zu 20 MPa ab und dient dabei gleichzeitig als Rückstellfeder für den Nehmerkolben 12 während der Schließphase des Brennstoffeinspritzventils 1. Das Wellrohr 36 ist dabei mit dem Nehmerkolben 12 sowie einem Stützbauteil 37 verschweißt, welches gleichzeitig als Führung für den Nehmerkolben 12 dient. Die Elastomer-Membran 30 ist über eine Klemmhülse 44 gegen den Brennstoff abgedichtet. Der Brennstoff wird über Brennstoffkanäle 23 am hydraulischen Koppler 10 vorbei in Richtung Dichtsitz geleitet.

[0025] Bei Betätigung des Aktors 2 dehnt dieser sich in Abströmrichtung aus und wirkt über das Betätigungs-element 6 auf den Geberkolben 11 des hydraulischen Kopplers 10 ein. Das Hydraulikmedium überträgt die schnelle Bewegung des Aktors 2 über den Kopplerspalt 13 auf den Nehmerkolben 12 und von dort auf die Ventilnadel 16, wodurch der Ventilschließkörper 17 von der Ventilsitzfläche 18 abhebt und Brennstoff in den Brennraum der Brennkraftmaschine eingespritzt wird. Bedingt durch die Schnelligkeit der Bewegung des Aktors 2 verhält sich das Hydraulikmedium ähnlich wie ein Festkörper. Bei langsamen Bewegungen des Aktors 2 beispielsweise durch thermische Einflüsse wird das Hydraulikmedium durch den Leckagespalt 33 in das Ausgleichsvolumen 31 verdrängt, wodurch ein willkürliches Öffnen des Brennstoffeinspritzventils 1 verhindert wird.

[0026] Fig. 2B zeigt weitere Möglichkeiten zur Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Brennstoffeinspritzventils 1.

[0027] Dabei ist das Ausgleichsvolumen 31 mit einer wellrohrförmigen Elastomer-Membran 39 versehen, welche das Ausgleichsvolumen 31 in einen ersten Bereich 40, in welchem sich Kopplermedium befindet, und

einen zweiten Bereich 41, in welchem Brennstoffdruck anliegt, aufteilt.

[0028] Verschiedene Ausgestaltungsmöglichkeiten des erfindungsgemäß ausgestalteten Brennstoffeinspritzventils 1 sehen dabei folgendes vor:

[0029] In einer ersten Variante ist zwischen dem ersten, mit Kopplermedium gefüllten Bereich 40 des Ausgleichsvolumens 31 und einem Membranraum 42, welcher zwischen dem Flansch 32, der Membran 35 und dem Geberkolben 11 des hydraulischen Kopplers 10 ausgebildet ist, eine Ausgleichsbohrung 43 ausgebildet, welche die Funktion des nunmehr nicht mehr vorhandenen Leckagespalts 33 übernimmt.

[0030] Vorteil dieser Ausführungsvariante ist die Möglichkeit, den Flansch 32 einstückig mit dem Stützbauteil 37 beispielsweise durch Drehen kostengünstig herzustellen.

[0031] Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten Ausführungsbeispiele beschränkt und auch für beliebige andere Bauweisen von Brennstoffeinspritzventilen 1, insbesondere innen öffnende Brennstoffeinspritzventile, geeignet.

## 25 Patentansprüche

1. Brennstoffeinspritzventil (1), insbesondere Brennstoffeinspritzventil (1) für Brennstoffeinspritzanlagen von Brennkraftmaschinen, mit einem piezoelektrischen oder magnetostriktiven Aktor (2), der über einen hydraulischen Koppler (10) einen Ventilschließkörper (17) betätigt, der mit einer Ventilsitzfläche (18) zu einem Dichtsitz zusammenwirkt, wobei der hydraulische Koppler (10) einen Geberkolben (11) und einen Nehmerkolben (12) aufweist, die durch einen Kopplerspalt (13) voneinander abstandet sind,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß der hydraulische Koppler (10) mit einer Membran (35), welche mit dem Geberkolben (11) verbunden ist, und einer Dichtung (36), die mit dem Nehmerkolben (12) verbunden ist, ein Kopplervolumen (34) und ein Ausgleichsvolumen (31) abschließt, welche mit einem Kopplermedium gefüllt sind.
2. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß die Membran (35) U-förmig ausgebildet ist.
3. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß die Membran (35) mit einem Flansch (32) in Verbindung steht.
4. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 3,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß zwischen dem Flansch (32), der Membran (35)

- und dem Geberkolben (11) ein Membranraum (42) ausgebildet ist.
5. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Membranraum (42) über einen zwischen dem Flansch (32) und dem Geberkolben ausgebildeten Leckagespalt (45) mit dem Kopplervolumen (34) des Kopplerspalts (13) in Verbindung steht.
- 10
6. Brennstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Flansch (32) und ein Stützbauteil (37) in einer Elastomer-Membran (30) angeordnet und mit dieser verbunden sind.
- 15
7. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Elastomer-Membran (30) mittels eines Dichtrings (38) gegen ein Gehäusebauteil (45) abgedichtet ist.
- 20
8. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Ausgleichsvolumen (31) über einen Lekkagespalt (33) zwischen dem Flansch (32) und dem Stützbauteil (37) mit dem Kopplervolumen (34) in Verbindung steht.
- 25
- 30
9. Brennstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 4 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Ausgleichsvolumen (31) einen ersten Bereich (40) und einen zweiten Bereich (41) aufweist.
- 35
10. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Bereiche (40; 41) durch eine wellrohrförmige Elastomer-Membran (39) voneinander getrennt sind.
- 40
11. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß der erste Bereich (40) mit Hydraulikmedium gefüllt ist.
- 45
12. Brennstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß der zweite Bereich (41) mit Brennstoff gefüllt ist.
- 50
13. Brennstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Membranraum (42) der Membran (35) mittels einer Ausgleichsbohrung (43) mit dem ersten
- 55
- Bereich (40) in Verbindung steht.
14. Brennstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Kopplermedium hochviskos ist.

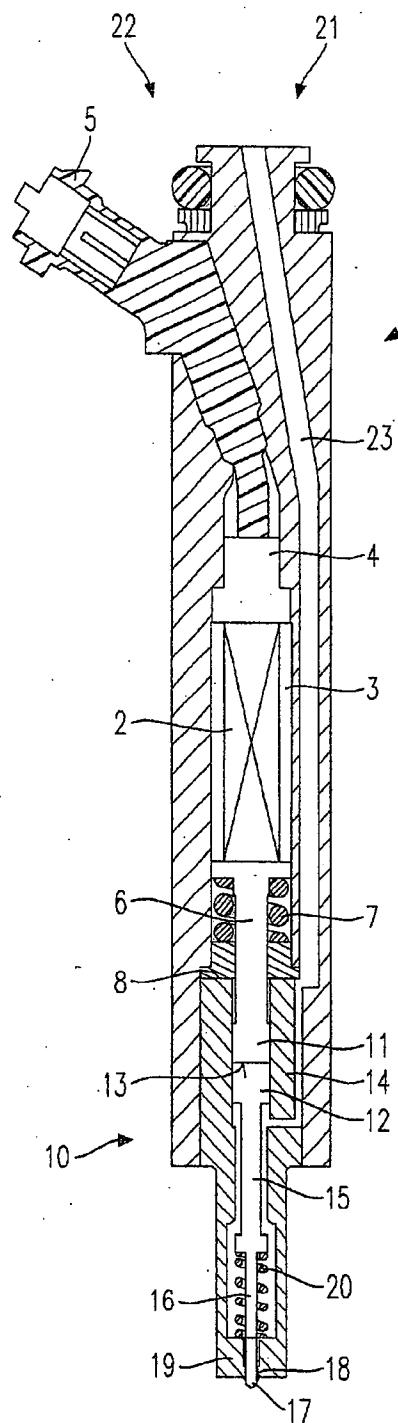


Fig. 1

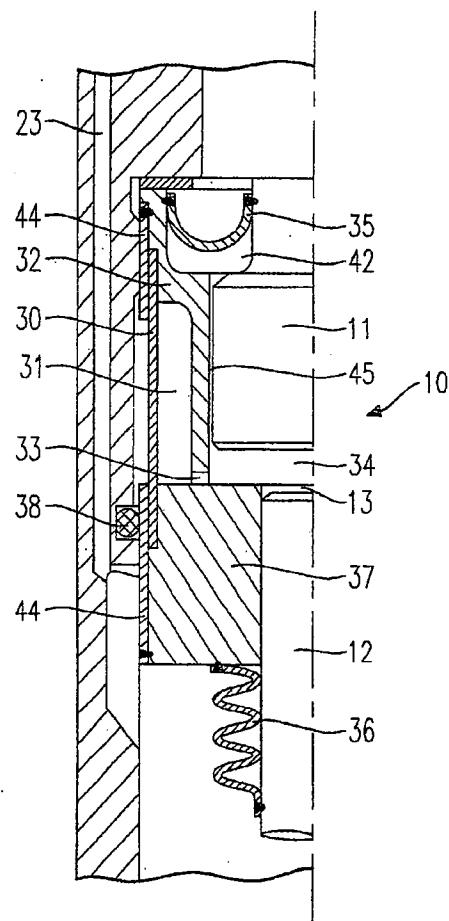


Fig. 2A

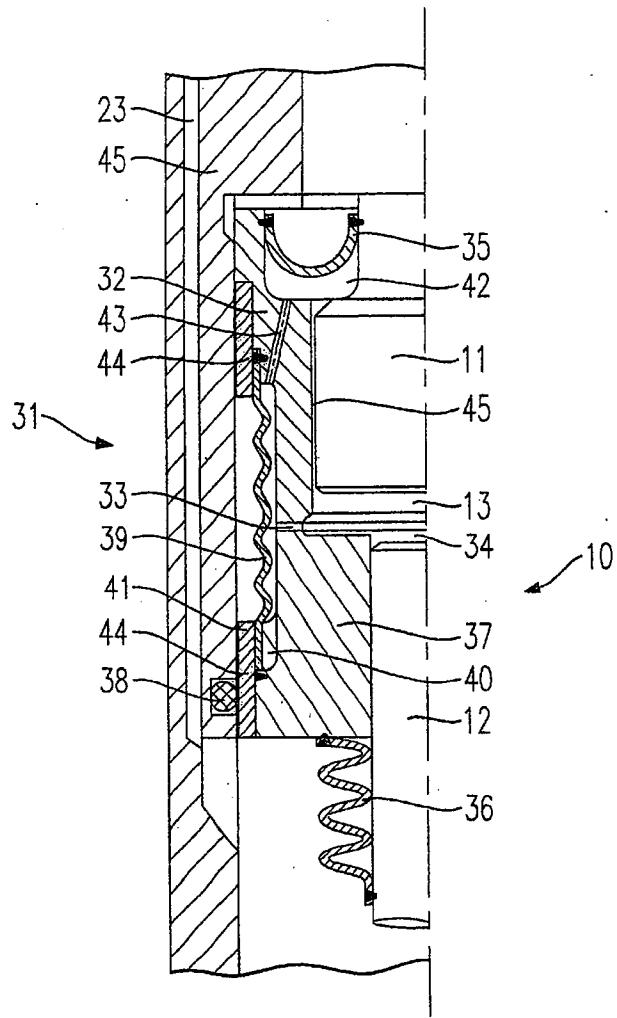


Fig. 2B